

BUNDESREPUBLIK DEUTSCHLAND



#7
10 Jun 02
R. Tally

Prioritätsbescheinigung über die Einreichung einer Patentanmeldung

Aktenzeichen: 199 26 979.3

Anmeldetag: 14. Juni 1999

Anmelder/Inhaber: Siemens Aktiengesellschaft, München/DE

Bezeichnung: Spannungszwischenkreis-Umrichter

IPC: H 02 M 1/12

Die angehefteten Stücke sind eine richtige und genaue Wiedergabe der ursprünglichen Unterlagen dieser Patentanmeldung.

München, den 24. Oktober 2001
Deutsches Patent- und Markenamt
Der Präsident
Im Auftrag

Agurk~

Beschreibung

Spannung zwischenkreis-Umrichter

- 5 Die Erfinung bezieht sich auf einen Spannung zwischenkreis-Umrichter gemäß Oberbegriff des Anspruchs 1.

Ein derartiger Umrichter ist aus der DE-Zeitschrift "etz", Heft 20, 1998, Seiten 10 bis 12, bekannt. Dieser bekannte
10 Spannung zwischenkreis-Umrichter hat in der Standardausrü-
stung einen 12-pulsigen Diodengleichrichter, deren Teil-
diodengleichrichter jeweils mit einer Sekundärwicklung eines
Dreiwicklungstransformators verbunden sind. Gleichspannungs-
seitig sind die Teildiodengleichrichter jeweils mit einem
15 Kondensator eines Spannung zwischenkreises verknüpft, der
zwei elektrisch in Reihe geschaltete Kondensatoren aufweist.
Ein derartiger Eingangsstromrichter wird auch als Diode Front
End (DFE) bezeichnet. Ein derartiges Diode Front End erfüllt
in den meisten Fällen die Anforderungen bezüglich Netzei-
20 stungsfaktor und Oberschwingungsgehalt. Werden höhere Anfor-
derungen bezüglich Netzrückwirkung gestellt, so steht ein 24-
pulsiger Eingangs-Stromrichter zur Verfügung.

25 Aus der DE-Zeitschrift "engineering and automation", Heft
1-2, 1998, Seiten 8 und 9, ist ein Spannung zwischenkreis-
Umrichter bekannt, der als Eingangsstromrichter einen selbst-
geföhrten Pulsstromrichter aufweist. Dieser ist wie der ma-
schinenseitige Pulsstromrichter als Dreipunkt-Pulsstromrich-
ter ausgeführt. Als Spannung zwischenkreis sind zwei elek-
30 trisch in Reihe geschaltete Kondensatoren vorgesehen. Diese
Schaltungsoption des Eingangsstromrichters wird auch als
Active Front End (AFE) bezeichnet. Mit einem Active Front End
ist ein Vierquadrantenbetrieb (Antreiben und regeneratives
Bremsen in beiden Drehrichtungen) möglich. Mittels dieses ak-
35 tiven Eingangs-Stromrichters lässt sich nicht nur ein Lei-
istungsfaktor von $\cos \varphi = 1$ realisieren, sondern man kann zu-
sätzlich im Rahmen der Leistungsreserven auch noch die Blind-

leistung anderer Verbraucher im Netz kompensieren. Wird das Active Front End mit einem Eingangsfilter ausgerüstet, ist darüber hinaus, ein fast oberschwingungsfreier Betrieb am Netz möglich.

5

Der Nachteil eines Diode Front End ist dieser, daß kein Vierquadrantenbetrieb ohne weiteren Aufwand möglich ist. Der Mehraufwand besteht darin, daß für den generatorischen Betrieb ein Brems-Chopper notwendig ist, mit dem die generatorische Energie in einem Bremswiderstand in Wärme umgesetzt wird. Durch die 12-Pulsigkeit bzw. 24-Pulsigkeit des Diode Front End werden die Oberschwingungsströme der 5., 7., 11. und 13. bzw. der 5., 7., 13., 23. und 25. Oberwelle ausgelöscht. Bei der 24-pulsigen Ausführungsform des Diode Front End verdoppelt sich der Aufwand eingangsseitig gegenüber der 12-pulsigen Ausführungsform des Diode Front End, wodurch nicht nur der Platzbedarf steigt.

Der Nachteil eines Active Front End ist dieser, daß entsprechend seiner Pulszahl die 5., 7., 11., 13.,... Oberwellen auftreten, deren Amplituden mittels eines optimierten Pulsmuster wenigstens minimiert werden können. Außerdem ist das Active Front End aufgrund der Anzahl und der Ausführungsform der Bauelemente aufwendiger als ein Diode Front End. Da das Active Front End vom Aufbau her dem maschinenseitigen selbstgeführten Pulsstromrichter entspricht, weist ein Spannungszwischenkreis-Umrichter mit Active Front End einen größeren Platzbedarf auf als ein Spannungszwischenkreis-Umrichter mit einem 12-pulsigen Diode Front End.

25
30

Der Erfindung liegt nun die Aufgabe zugrunde, einen Spannungszwischenkreis-Umrichter anzugeben, dessen Eingangs-Stromrichter so ausgebildet ist, daß die auf der Netzseite auftretenden Oberschwingungen möglichst mit kleinem Aufwand niedrig gehalten werden.

Diese Aufgabe wird erfindungsgemäß mit den kennzeichnenden Merkmalen des Anspruchs 1 gelöst.

Dadurch, daß die Teilstromrichter des 12-pulsigen Eingangs-Stromrichters jeweils ein selbstgeführter Pulsstromrichter sind, werden die Vorteile eines Diode Front End mit denen eines Active Front End kombiniert. Das heißt, auf der Netzseite des Spannungzwischenkreis-Umrichters werden die Oberschwingungsströme der 5., 7., 17. und 19. Oberwelle ausgelöscht, ohne daß die optimierten Pulsmuster der selbstgeführten Pulsstromrichter auf diese genannten Oberschwingungen optimiert sind. Da die beiden Teilstromrichter denselben Betriebszustand haben, sind deren Pulsmuster gleich. Dieses optimierte Pulsmuster kann nun dahingehend optimiert werden, daß die Amplituden der Oberschwingungsströme der 11., 13., 25., ... Oberwelle minimiert werden.

Ein weiterer Vorteil dieses erfindungsgemäßen Eingangs-Stromrichters eines Spannungzwischenkreis-Umrichters macht sich bei sehr hohen Spannungen bemerkbar. Die Stromrichter für genormte Mittelspannungen weisen ab einem Spannungswert von 3,3 kV Stromrichterventile mit einer Reihenschaltzahl Zwei und mehr auf. Da der erfindungsgemäße Eingangs-Stromrichter zwei gleiche selbstgeführte Pulsstromrichter aufweist, die elektrisch in Reihe geschaltet sind, ist die Reihenschaltzahl der Teilstromrichter gleich bzw. um eins kleiner als die Reihenschaltzahl des Maschinen-Stromrichters. Bei der genormten Mittelspannung von 4,16 kV weist der Eingangs-Stromrichter eines Spannungzwischenkreis-Umrichters nach der Erfindung genauso viele Stromrichterventile auf wie ein Eingangs-Stromrichter in der Ausführungsform Activ Front End. Bei gleicher Reihenschaltzahl können als Stromrichterventile niedersperrende Halbleiterschalter verwendet werden, die mit einer höheren Schaltfrequenz betrieben werden können oder eine höhere Stromausnutzung aufweisen. Bei einer um Eins geringeren Reihenschaltzahl ist der Aufbau der Phasenmodule einfacher und platzsparender.

Vorteilhafte Ausführungsformen des Eingangs-Stromrichters sind den Unteransprüchen 2 bis 6 zu entnehmen.

Zur näheren Erläuterung der Erfindung wird auf die Zeichnung
5 Bezug genommen, in der eine Ausführungsform des erfindungsgemäßen Eingangs-Stromrichters schematisch veranschaulicht ist.

FIG 1 zeigt ein Blockschaltbild eines gattungsgemäßen Spannung zwischenkreis-Umrichters in der Standardausführung, die

FIG 2 zeigt ein Blockschaltbild eines erfindungsgemäßen Eingangs-Stromrichters eines Spannung zwischenkreis-Umrichters nach FIG 1 und die

FIG 3 - 5 zeigen jeweils ein Phasenmodul des Maschinen-Stromrichters des Spannung zwischenkreis-Umrichters mit der Reihenschaltzahl 1, 2 und 3.

Die FIG 1 zeigt ein Blockschaltbild eines gattungsgemäßen Spannung zwischenkreis-Umrichters in der Standardausführung

20 mit einem 12-pulsigen Eingangs-Stromrichter 2. Die beiden Teilstromrichter 4 und 6 dieses Eingangs-Stromrichters 2 sind jeweils ein 6-pulsiger Diodengleichrichter. Jeder Teilstromrichter 4 bzw. 6 ist gleichspannungsseitig mit einem Kondensator 8 bzw. 10 eines Spannung zwischenkreises 12 verknüpft.

25 Da diese beiden Kondensatoren 8 und 10 elektrisch in Reihe geschaltet sind, weist dieser Spannung zwischenkreis 12 drei Potentiale C, M und D auf. Außerdem weist dieser Spannung zwischenkreis-Umrichter einen Maschinen-Stromrichter 14 auf, an dessen wechselstromseitigen Ausgängen R, S, T eine Dreh-

30 feldmaschine 16 angeschlossen ist. Gleichspannungsseitig ist dieser Maschinen-Stromrichter 14 mit den drei Potentialen C, M und D des Spannung zwischenkreises 12 elektrisch leitend verbunden. Als Stromrichterventile des Maschinen-Stromrichters 14 sind High-Voltage-Insulated-Gate-Bipolar-Transistor

35 (HV-IGBT) vorgesehen. Der Maschinen-Stromrichter 14 ist in einer Dreipunkt-Schaltungstechnik ausgeführt. Die Teilstromrichter 4 und 6 des Eingangs-Stromrichters 2 sind wechsel-

stromseitig jeweils mit einer Sekundärwicklung 18 und 20 eines Dreiwicklungstransformators 22 elektrisch leitend verbunden. Primärseitig ist dieser Dreiwicklungstransformator 22 mit einem dreiphasigen Netz 24 verknüpft.

5

In der FIG 2 ist ein Blockschaltbild eines Eingangs-Stromrichters 2 in einer erfindungsgemäßen vorteilhaften Ausführungsform dargestellt. Dieser Eingangs-Stromrichter 2 weist als Teilstromrichter 4 bzw. 6 einen selbstgeführten Pulssstromrichter 4_1 bzw. 6_1 auf. Diese beiden Pulsstromrichter 4_1 und 6_1 sind ebenso wie der maschinenseitige Drei-Punkt-Pulssstromrichter 14 in Dreipunkt-Schaltungstechnik ausgeführt, wobei als Stromrichterventile ebenfalls HV-IGBT verwendet werden. Wechselspannungsseitig ist der selbstgeführte Pulssstromrichter 4_1 mit seinen Anschlüssen U1, V1, W1 mit der Sekundärwicklung 18 des Dreiwicklungstransformators 22 verknüpft. Der selbstgeführte Pulsstromrichter 6_1 ist wechselstromseitig mit seinen Anschlüssen U2, V2, W2 mit der Sekundärwicklung 20 des Dreiwicklungstransformators 22 verbunden.

20

In dieser Darstellung gemäß FIG 2 ist auch noch der Spannung zwischenkreis 12 näher dargestellt. Die beiden Kondensatoren 8 und 10 dieses Spannung zwischenkreises 12 sind jeweils in drei Teilkondensatoren 8_1 , 8_2 , 8_3 und 10_1 , 10_2 , 10_3 unterteilt. Dabei sind die beiden Teilkondensatoren 8_2 , 8_3 bzw. 10_2 , 10_3 elektrisch in Reihe geschaltet und diese Reihenschaltung ist dann elektrisch parallel zum Kondensator 8_1 bzw. 10_1 geschaltet. Der Verknüpfungspunkt der beiden in Reihe geschalteten Kondensatoren 8_2 , 8_3 bzw. 10_2 , 10_3 bilden ein Mittelspannungspotential M1 bzw. M2 für den Drei-Punkt-Pulssstromrichter 4_1 bzw. 6_1 . Diese beiden Reihenschaltungen der Teilkondensatoren 8_2 , 8_3 und 10_2 , 10_3 sind außerdem elektrisch in Reihe geschaltet. Der Verknüpfungspunkt dieser beiden Reihenschaltungen ist mit dem mittleren Spannungspotential M des Spannung zwischenkreises 12 verbunden. Da die Kondensatoren 8 und 10 des Spannung zwischenkreises 12 jeweils auf mehrere Teilkondensatoren 8_1 , 8_2 , 8_3 und 10_1 , 10_2 , 10_3 aufgeteilt sind,

25

30

35

können die Teilkondensatoren 8_1 und 10_1 räumlich dem Maschinen-Stromrichter 14 und die Teilkondensatoren 8_2 , 8_3 und 10_2 , 10_3 räumlich den selbstgeführten Pulsstromrichters 4_1 , 6_1 des Eingangs-Stromrichters 2 zugeordnet werden.

5

Die FIG 3 zeigt ein Phasenmodul des Maschinen-Stromrichters 14, das in der Dreipunkt-Schaltungstechnik vier Stromrichter-ventile T1, T2, T3 und T4 aufweist. Jedes Stromrichter-ventil T1 bis T4 weist nur einen Halbleiterschalter auf, insbesondere einen HV-IGBT. Deshalb ist die Reihenschaltzahl in dieser Ausführungsform Eins. Dieses Phasenmodul kann zwischen seinen Gleichspannungs-Potentialen C und D eine Gleichspannung U_{ZK} von maximal 3,8 kV aufnehmen. Diese Gleichspannung U_{ZK} wird vom Eingangs-Stromrichter 2 erzeugt. Da die beiden Teilstromrichter 4_1 und 6_1 identisch sind und gleichspannungsseitig elektrisch in Reihe geschaltet sind, erzeugt jeder Teilstromrichter 4_1 und 6_1 die halbe Zwischenkreisspannung U_{ZK} in Höhe von 1,9 kV. Da jedoch das Phasenmodul die doppelte Spannungsfestigkeit aufweist, können im Vergleich zum Phasenmodul des maschinenseitigen Drei-Punkt-Pulsstromrichters 14 niedersperrende Halbleiterschalter verwendet werden. Diese niedersperrenden HV-IGBT können mit einer höheren Schaltfrequenz oder höheren Stromausnutzung betrieben werden.

25

Die FIG 4 zeigt ein Phasenmodul, dessen Stromrichter-ventile T1 bzw. T4 jeweils zwei Halbleiterschalter, insbesondere HV-IGBT, aufweisen. Die Reihenschaltzahl ist hier Zwei. Zwischen den Gleichspannungs-Potentialen C und D kann eine maximale Gleichspannung U_{ZK} von 6,8 kV auftreten. Bei einem Spannung zwischenkreis-Umrichter gemäß FIG 1 mit einem erfundsgemäßen Eingangs-Stromrichters 2 sind die Phasenmodule des maschinenseitigen Drei-Punkt-Pulsstromrichters 14 gemäß FIG 4 und die Phasenmodule der Teilstromrichter 4_1 und 6_1 des Eingangs-Stromrichters 2 gemäß FIG 3 ausgebildet.

35

In der FIG 5 ist ein Phasenmodul dargestellt, dessen Stromrichter-Ventile T1 bis T4 jeweils drei Halbleiterschalter,

insbesondere HV-IGBT, aufweisen. Die Reihenschaltzahl dieser Stromrichterventile ist Drei. Mit diesem Phasenmodul mit der Reihenschaltzahl Drei kann eine maximale Gleichspannung U_{ZK} von 10 kW zwischen den Potentialen C und D abfallen bzw. anstehen. Bei einem Spannung zwischenkreis-Umrichter für eine genormte Mittelspannung von 6 kV sind die Phasenmodule des Maschinen-Stromrichters 14 gemäß der FIG 5 und die Phasenmodule der Teilstromrichter 4₁ und 6₁ des Eingangs-Stromrichters 2 gemäß FIG 4 ausgebildet.

Somit ist die Reihenschaltzahl der Teilstromrichter 4₁ und 6₁ gegenüber der Reihenschaltzahl des Maschinen-Stromrichters 14 ab einer genormten Mittelspannung von 3,3 kV um Eins kleiner. Dadurch sind die Phasenmodule der Teilstromrichter 4₁ und 6₁ gegenüber den Phasenmodulen des Maschinen-Stromrichters 14 aufwandsärmer. Bei einem Spannung zwischenkreis-Umrichter für die Mittelspannung 4,16 kV ist die Anzahl der Halbleiter schalter der beiden Teilstromrichter 4₁ und 6₁ des Eingangs Stromrichters 2 gleich der Anzahl der Halbleiterschalter des Eingangs-Stromrichters 2 in der Ausführungsform als Active Front End. Das heißt, ohne die Anzahl der Halbleiterschalter zu erhöhen, werden Oberschwingungen der 5., 7., 17. und 19. Oberwelle allein durch deren Verschaltung eliminiert.

Patentansprüche

1. Spannung zwischenkreis-Umrichter mit einem zwei Teilstromrichter (4,6) aufweisenden 12-pulsigen Eingangs-Stromrichter (2), einem zwei elektrisch in Reihe geschalteten Kondensatoren (8,10) aufweisenden Spannung zwischenkreis (12) und einem maschinenseitigen Drei-Punkt-Pulsstromrichter (14), wobei die beiden Teilstromrichter (4,6) des Eingangs-Stromrichters (12) gleichspannungsseitig jeweils mit einem Kondensator (8,10) des Spannung zwischenkreises (12) elektrisch leitend verbunden sind,
dadurch gekennzeichnet,
daß die Teilstromrichter (4,6) des Eingangs-Stromrichter (12) jeweils ein selbstgeführter Pulsstromrichter (4₁, 6₁) sind.
- 15 2. Spannung zwischenkreis-Umrichter nach Anspruch 1,
dadurch gekennzeichnet,
daß die selbstgeführten Pulsstromrichter (4₁, 6₁) jeweils Drei-Punkt-Pulsstromrichter sind.
- 20 3. Spannung zwischenkreis-Umrichter nach Anspruch 1 und 2,
dadurch gekennzeichnet,
daß jeder Kondensator (8,10) des Spannung zwischenkreises (12) derart aufgeteilt ist, daß ein Kondensator (8₁, 10₁) dem maschinenseitigen Drei-Punkt-Pulsstromrichter (14) und zwei Kondensatoren (8₂, 8₃; 10₂, 10₃) einem Pulsstromrichter (4₁, 6₁) des Eingangs-Stromrichters (12) zugeordnet sind.
- 30 4. Spannung zwischenkreis-Umrichter nach einem der vorgenannten Ansprüche,
dadurch gekennzeichnet,
daß die Reihenschaltzahl der Stromrichterventile (T₁, T₂, T₃, T₄) der selbstgeführten Pulsstromrichter (4₁, 6₁) des Eingangs-Stromrichters (12) gleich der Reihenschaltzahl der Stromrichterventile (T₁, T₂, T₃, T₄) des maschinenseitigen Drei-Punkt-Pulsstromrichters (14) ist.

5. Spannung zwischenkreis-Umrichter nach einem der Ansprüche
1 bis 3,
dadurch gekennzeichnet,
daß die Reihenschaltzahl der Stromrichterventile
5 (T₁, T₂, T₃, T₄) der selbstgeführten Pulsstromrichter (4₁, 6₁)
des Eingangs-Stromrichters (12) um Eins kleiner ist als die
Reihenschaltzahl der Stromrichterventile (T₁, T₂, T₃, T₄) des
maschinenseitigen Drei-Punkt-Pulsstromrichters (14) ist.
- 10 6. Spannung zwischenkreis-Umrichter nach einem der vorgenann-
ten Ansprüche,
dadurch gekennzeichnet,
daß als Stromrichterventile (T₁, T₂, T₂, T₄) der selbstgeführten
Pulsstromrichter (4₁, 6₁) des Eingangs-Stromrichters (12) und
15 des maschinenseitigen Drei-Punkt-Pulsstromrichters (14) High-
voltage-Insulated-Gate-Bipolar-Transistoren vorgesehen sind.

Zusammenfassung

Spannung zwischenkreis-Umrichter

- 5 Die Erfindung bezieht sich auf einen Spannung zwischenkreis-Umrichter mit einem 12-pulsigen Eingangs-Stromrichter (2), einem Spannung zwischenkreis (12) und einem Maschinen-Stromrichter (14) in Dreipunkt-Schaltungstechnik. Erfindungsgemäß sind die beiden Teilstromrichter (4, 6) des Eingangs-Stromrichters (2) jeweils selbstgeführte Pulsstromrichter ($4_1, 6_1$). Somit erhält man einen Eingangs-Stromrichter (2), der die Vorteile eines Diode Front End und eines Active Front End miteinander verbindet.
- 10

15 FIG 2

1/4

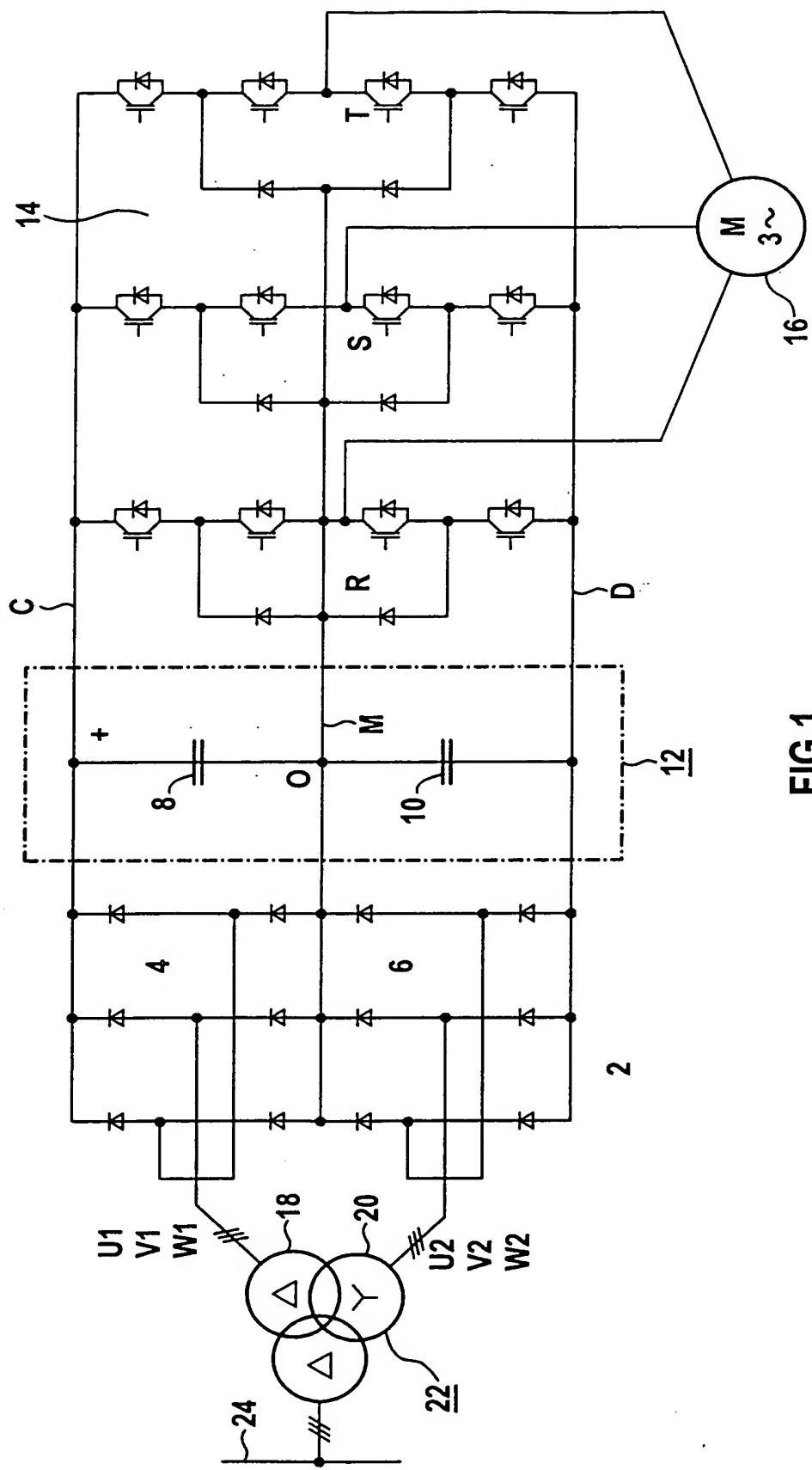


FIG 1

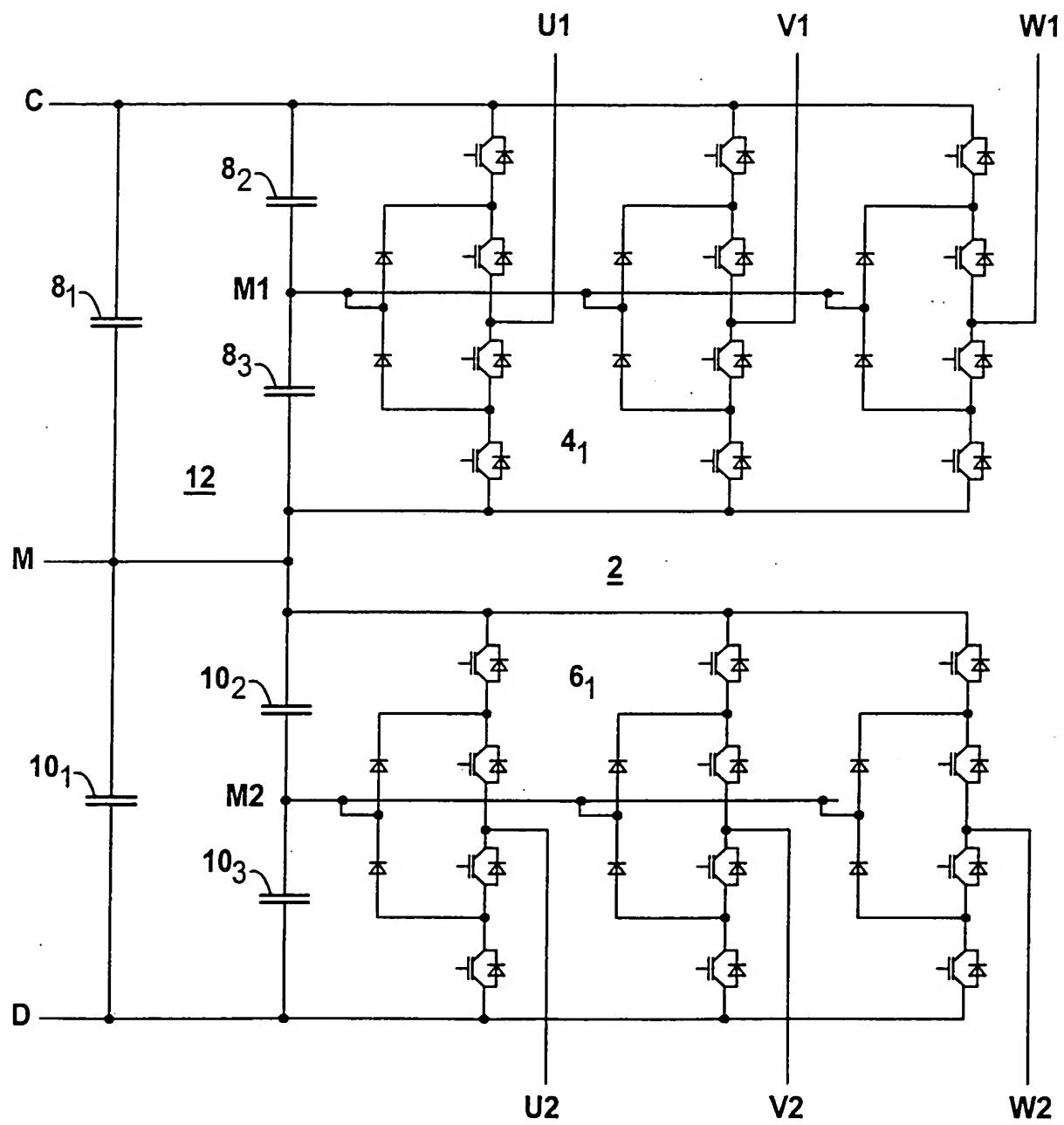


FIG 2

3/4

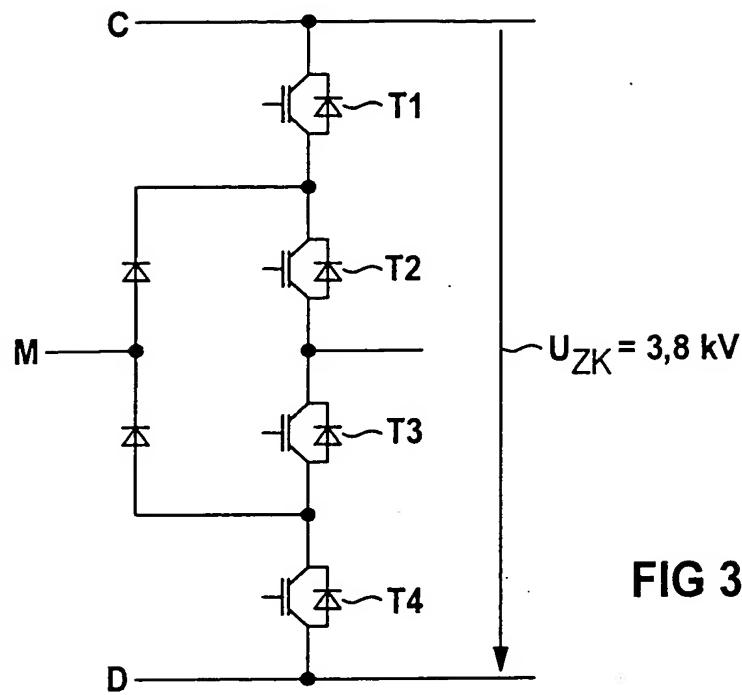


FIG 3

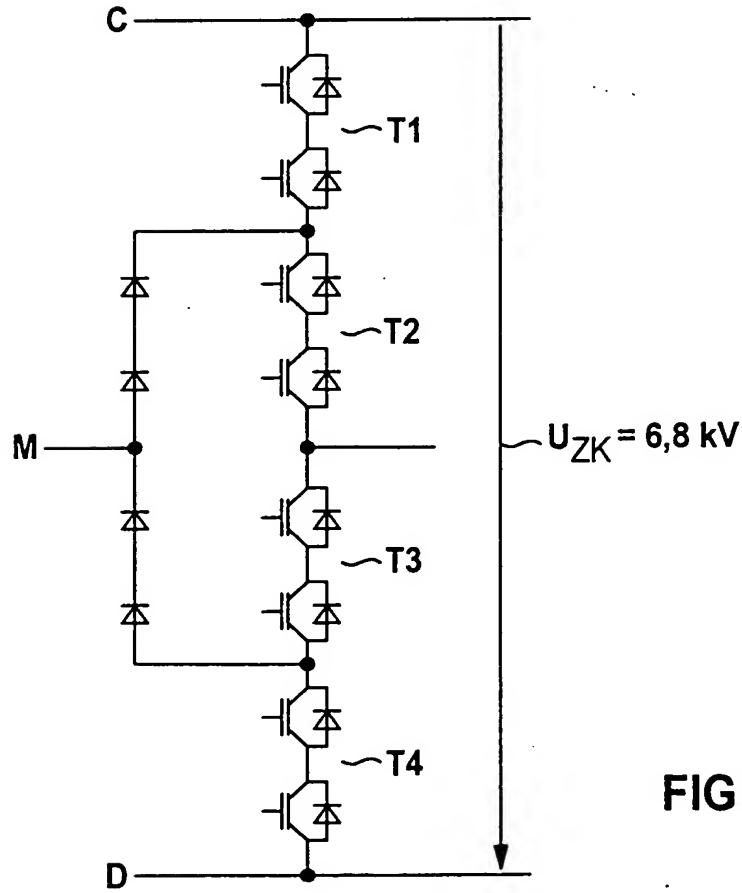


FIG 4

4/4

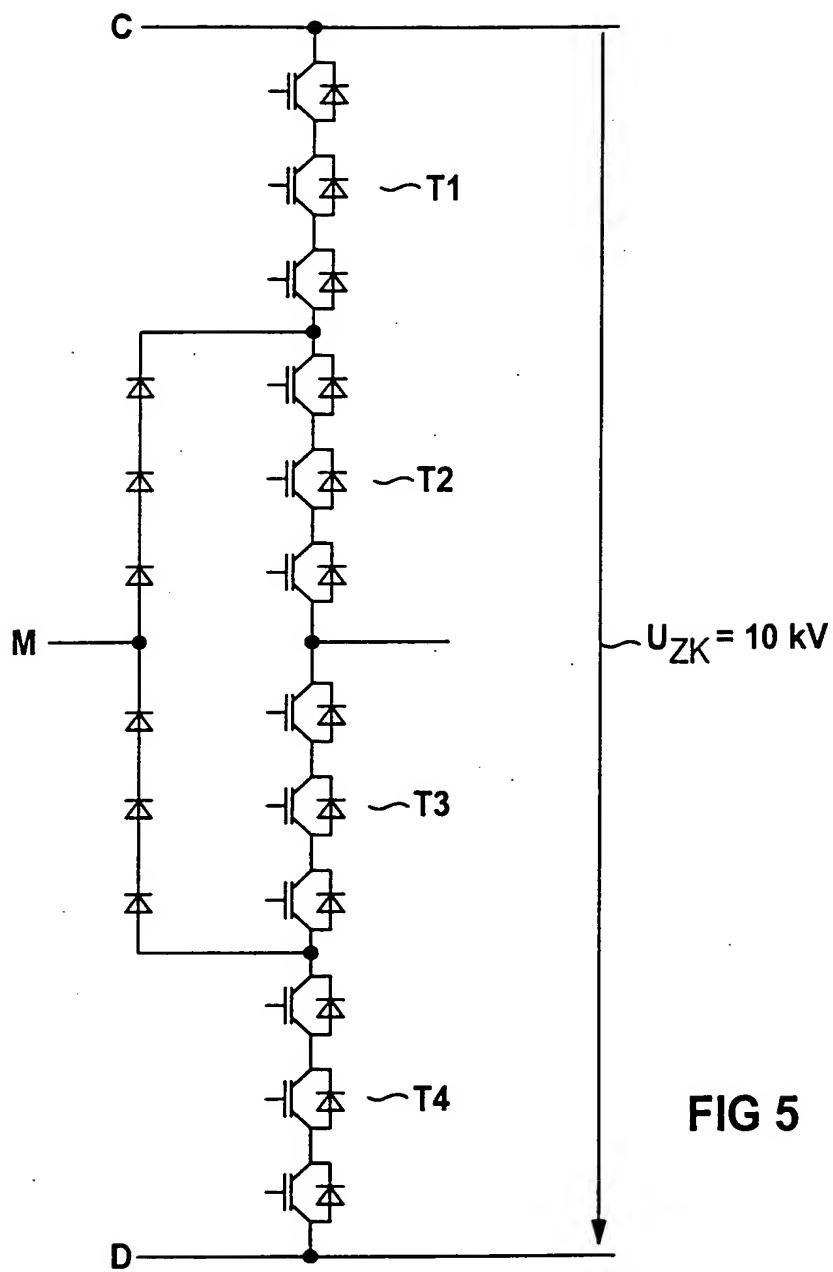


FIG 5